

# Eindverslag Stage 3devo

Verwarmde behuizing voor het 3D-printen van HDPE en PP  
*door*  
Luca van Straaten (18073611)

Dit document is opgesteld voor de stage bij 3devo. Luca van Straaten is een student Elektrotechniek aan de Haagse Hogeschool te delft.

Datum: 14 oktober 2021  
Versie: 0.2

## WIJZIGINGEN

<b>Herziening</b>	<b>Datum</b>	<b>Auteur(s)</b>	<b>Beschrijving</b>
0.1	08.09.2021	Luca	Document aangemaakt

# VOORWOORD

Dit ontwerpdocument is geschreven als documentatie van het eerste stagetraject van Luca van Straaten.

Dank gaat naar 3devo voor de mogelijkheid om bij hun mijn eerste stage te doen.

Dit verslag is bedoeld voor mijn stage beoordeler om te beoordelen of ik voldoende heb gepresteerd tijdens mijn stage, voor 3devo en de mensen die daar werken en verder moeten bouwen op mijn werk en voor Nederlandstalige geïnteresseerden in het project. Een Engels vertaalde versie van dit verslag is momenteel niet beschikbaar.

Utrecht, November 2021  
Luca van Straaten

# SAMENVATTING

# INHOUDSOPGAVE

VOORWOORD	iii
SAMENVATTING	iv
LIJST VAN FIGUREN	vii
LIJST VAN AFKORTINGEN	viii
LIJST VAN BEGRIPPEN	ix
INLEIDING	x
1    Wat is 3D-printen . . . . .	x
1.1    FDM 3D-printen . . . . .	x
1.2    3D-printer software . . . . .	x
1.3    3D-printer firmware . . . . .	xi
2    Wat zijn HDPE en PP . . . . .	xi
2.1    Waarom HDPE en PP . . . . .	xi
3    Bestanden downloaden . . . . .	xii
1    ANALYSE VAN HET PROBLEEM	1
1.1    Waarom is een speciale 3D-printer nodig . . . . .	1
1.1.1    Printen op een conventionele 3D-printer . . . . .	1
2    EISEN VAN HET PROJECT	3
2.1    randvoorwaarden . . . . .	3
2.2    functionele wensen . . . . .	3
2.3    gebruikerswensen . . . . .	3
2.4    ontwerpbeperkingen . . . . .	3
3    PROBLEMEN	4
3.1    Smeltend plastic in de extruder . . . . .	4
4    MOGELIJKE OPLOSSINGEN	5
4.1    Andere extruder of andere instellingen . . . . .	5
4.1.1    verschillende soorten extruders . . . . .	5
5    DE GEKOZEN OPLOSSING	6
6    ONTWERP VAN DE OPLOSSING EN DE BENODIGDE ONDERDELEN	7
6.1    Hardware . . . . .	7
6.1.1    Ge-3D-printe oplossingen . . . . .	7
6.2    Electronica . . . . .	8
7    ASSEMBLAGE	9

*Inhoudsopgave*

7.1	Assemblage van de printer . . . . .	9
7.1.1	mechanich . . . . .	9
7.1.2	electronich . . . . .	9
8	ONDERVONDEN PROBLEMEN	10
9	EINDRESULTAAT	11
10	TOETSING EINDRESULTAAT AAN DE HAND VAN DE EISEN	12
11	CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN	13
12	EVALUATIE	14
	BIBLIOGRAFIE	15

## LIJST VAN FIGUREN

1.1	PP bakjes van een oogheelkunde kliniek . . . . .	1
1.2	Test print met HDPE op een conventionele printer . . . . .	2
1.3	Test print met PP op een conventionele printer . . . . .	2
4.1	Diagram van de twee soorten extruders die veel woorden gebruikt [1]. . . . .	5
6.1	Render van het 3D ontwerp van de voetjes van de printer . . . . .	7
6.2	Render van het 3D ontwerp van de afstandhouder van de printer . . . . .	8
6.3	Render van het 3D ontwerp van het haakje van de printer . . . . .	8

## LIJST VAN AFKORTINGEN

**2D** Twee dimensionaal

**3D** Drie dimensionaal

**3mf** 3D Manufacturing Format (3D-productieformaat)

**AM** Additive manufacturing (Additieve productie)

**f360** Fusion 360

**FDM** Gefuseerde depositiemodellering (Fused deposition modeling)

**HDPE** High-density polyethylene (Hogedichtheidpolyethaan)

**PE** polyethylene (polyetheen)

**PP** Polypropylene (Polypropeen)

**stl** Standard Triangle Language (Standaard driehoekstaal)

## LIJST VAN BEGRIPPEN

**C++** programmeertaal gebaseerd op C

**extruder** Het gedeelte van een FDM 3d printer waar het filament mee door het hotend en de nozel word geperst

**hotend** Het gedeelte van een FDM 3d printer waar het filament smelt

# INLEIDING

Waar de reden tot creatie van dit verslag worden blootgelegd, de opdracht en het probleem worden beschreven en achtergrond informatie wordt gegeven.

De opdracht is om aanstuur elektronica te maken voor een 3D-printer die HDPE en PP moet kunnen printen. Deze printer is ongebruikelijk omdat deze een verwarde kamer krijgt die tot 160 °C moet kunnen komen. De hypothese is dat een verwarmde werkruimte van een dusdanig hoge temperatuur, de problemen oplost die worden bevonden met het printen van HDPE en PP met een conventionele printer.

## 1 WAT IS 3D-PRINTEN

3D-printen is een additieve productie (AM) methode. Dat betekent dat een product wordt opgebouwd vanaf nul, in tegenstelling tot subtractieve productie is er weinig of geen verlies van materiaal. Een andere vorm van additieve productie is bijvoorbeeld sputtigieten, maar hierbij zijn kostbare gietmallen nodig. 3D-printen vereist geen grote investering voor elk nieuw ontwerp, en is daarom uitermate geschikt om snel prototypen te maken. [2]

### 1.1 FDM 3D-PRINTEN

Er zijn verschillende vormen van 3D-printen, maar verreweg de meest populaire bij hobbyisten en kleinschalige bedrijven is FDM 3D-printen. FDM staat voor Fused deposition modeling, hierbij wordt steeds een laag materiaal op de vorige laag neergelegd (depositie) en daarop vast gesmolten (gefuseerd). Door herhaaldelijk laagjes op elkaar neer te leggen kan een 3D object worden opgebouwd. Het plastiek wordt gesmolten in het hot-end en wordt door de extruder uit het hot-end geperst.

### 1.2 3D-PRINTER SOFTWARE

Er is verschillende software en firmware nodig om te kunnen 3d printen. Wat voor soorten software dat staat hier onder beschreven.

### 3D BESTANDEN

Software is nodig om een 3d object te ontwerpen, tijdens dit project is daarvoor f360 gebruikt. Ook kunnen bepaalde 3D objecten worden gedownload van [Thingiverse](#). Dit zijn meestal stl en 3mf bestanden.

## Inleiding

### SLICER

Gedurende dit project is de slicer *Prusaslicer* gebruikt, alle settings die gebruikt zijn om te slicen zijn op GitHub bijgehouden. Een slicer is software die een 3D bestand als een stl of 3mf, omzet in een hoop 2D lagen. Elke laag is gebruikelijk rond de 0.2 mm hoog. De printer *tekent* deze lagen en stapelt ze op elkaar, zo word een 3D object opgebouwd. In de slicer kan je veel dingen instellen om print kwaliteit of print snelheid te verbeteren. Instellingen zoals snelheid, temperatuur, flowrate en een hoop meer kun je tweaken voor een beter resultaat, deze instellingen zijn meestal printer afhankelijk.

### 1.3 3D-PRINTER FIRMWARE

Firmware is een specifieke klasse van computersoftware die de controle op laag niveau biedt voor de specifieke hardware van een apparaat. Voor minder complexe apparaten (zoals 3D-printers) kan firmware fungeren als het complete besturingssysteem van het apparaat.

Een veel gebruikte firmware voor 3D-printers is Marlin en dat is ook waar voor is gekozen voor de 3D-printer. Marlin is een open source firmware voor de RepRap-familie van 3D-printers. Het is afgeleid van Sprinter en grbl en werd een op zichzelf staand open sourcenproject op 12 augustus 2011 met de Github-release. Marlin heeft een licentie onder GPLv3 en is gratis voor alle toepassingen [3].

### COMPILER

Een compiler word gebruikt om de firmware van de 3D-printer die in C++ is geschreven, om te zetten naar machine taal. Machine taal kan op de microprocessor worden uitgevoerd. Voor het compileren van Marlin is *Auto Build Marlin* een goede optie [4].

## 2 WAT ZIJN HDPE EN PP

HDPE is een hoge dichtheid variant van PE. PE is een thermoplastisch polymer dat in een breed scala aan toepassingen wordt gebruikt. HDPE is dus ook een thermoplast dat kan worden geëxtrudeerd.

PP is tegenwoordig een van de meest gebruikte plastics. Het is een polymer dat voornamelijk wordt gebruikt voor verpakkingen. HDPE is een thermoplast dat kan worden geëxtrudeerd. Het wordt geproduceerd via ketengroeipolymerisatie uit het monomeer propyleen.

### 2.1 WAAROM HDPE EN PP

HDPE en PP hebben een aantal gunstige eigenschappen die er voor zorgen dat het makkelijk te bewerken is. Daarom is de meerderheid van de gebruikte plastics voor verpakkings-materiaal gemaakt van HDPE en PP. Omdat een grote hoeveelheid van de afvalstroom daarom ook uit HDPE en PP bestaan is het gunstig om dat te kunnen recyclen om mee te 3D-printen.

## *Inleiding*

### **3 BESTANDEN DOWNLOADEN**

Dit hele project is gewerkt in en is vast gelegd in git. Maar omdat de inhoud van het project en verslag intellectueel eigendom is van 3devo, staat dat niet openbaar op GitHub. Als je echter denkt recht te hebben op het inzien van de bestanden (elektrische schema's, 3D bestanden, code, etc.) dan kunt u daar beroep op doen door te mailen naar [lucavanstraaten@icloud.com](mailto:lucavanstraaten@icloud.com)

# 1 ANALYSE VAN HET PROBLEEM

Waar de noodzaak van dit project word blootgelegd.

Kortweg is het probleem dat er momenteel niet met HDPE en PP kan worden ge-3D-print. 3D-printen met HDPE en PP is wenselijk omdat deze materialen overvloedig zijn in de huidige afvalstroom, en ze dus goedkoop te verkrijgen zijn.

Een voorbeeld van hoogwaardig PP in de afvalstroom zijn verpakkingen van medische goederen in ziekenhuizen. 3devo heeft PP bakjes van een oogheelkunde kliniek en wil dat recyclen tot 3D-printer filament. Zie Figuur 1.1 voor de bakjes.



Figuur 1.1: PP bakjes van een oogheelkunde kliniek

## 1.1 WAAROM IS EEN SPECIALE 3D-PRINTER NODIG

Er zijn twee redenen gegeven waarom een speciale printer nodig is voor het printen met HDPE en PP. Tests zijn uitgevoerd om vast te stellen of deze complicaties werkelijk het printen van HDPE en PP onmogelijk maken.

### 1.1.1 PRINTEN OP EEN CONVENTIONELE 3D-PRINTER

Er is een test uitgevoerd met het printen van HDPE en PP. Deze test zijn uitgevoerd op een conventionele FDM 3D-printer, namelijk een Ender-3. De slicer settings die gebruikt zijn waren vooral getweakt op temperatuur en snelheid.

## *1 Analyse van het probleem*



Figuur 1.2: Test print met HDPE op een conventionele printer



Figuur 1.3: Test print met PP op een conventionele printer

### LAAG HECHTING

De hypothese is dat bij het printen met PP de laag hechting niet goed zal zijn. Dat komt doordat PP onder de kristallisatieterminatuur niet "plakkerig" is. De test met het printen van PP heeft geconcludeerd dat die hypothese waar is. Het materiaal blijft moeilijk plakken aan het bed, en als dat goed ging, blijft het ook nauwelijks plakken aan zichzelf. Zie Figuur 1.3. Een ander probleem met het printen van PP is dat het flexibele plastic niet goed door een bowden extruder gaat vanwege de extra weerstand in dat systeem. Uitleg over wat een bowden tube extruder is staat in hoofdstuk ??.

### KROM TREKKEN

De verwachting was dat het grote probleem met HDPE is dat het krom trekt tijdens het printen. Tijdens het printen zal er een warmte gradiënt ontstaan, omdat de laag die net is neergelegd al aan het afkoelen is voor dat de volgende de volgende laag daar op wordt gelegd. Tijdens het testen op een conventionele printer is vastgesteld dat dat inderdaad een probleem is, zie Figuur 1.2 voor een foto van de krom getrokken prints.

# **2 EISEN VAN HET PROJECT**

## **2.1 RANDVOORWAARDEN**

Het frame van een ender-5, de motoren van de ender-5, de behuizing, de warmte-elementen en de positie daar van waren allemaal al ontworpen voordat aan het project was begonnen. Dus deze aspecten van het konden in principe niet veranderen.

## **2.2 FUNCTIONELE WENSEN**

Printer waarvan de verwarmde kamer 160 °C kan worden.

## **2.3 GEBRUIKERSWENSEN**

De ui moet net zo makkelijk zijn als de orginale printer

## **2.4 ONTWERPBEPERKINGEN**

# 3 PROBLEMEN

## 3.1 SMELTEND PLASTIC IN DE EXTRUDER

een probleem waar al vrij snel tegen aan werd gelopen is dat de extruder vast liep, met het gevolg er geen plastic meer uit de nozzle kwam. Dit probleem was het resultaat van warme drive gears. zie bijlage

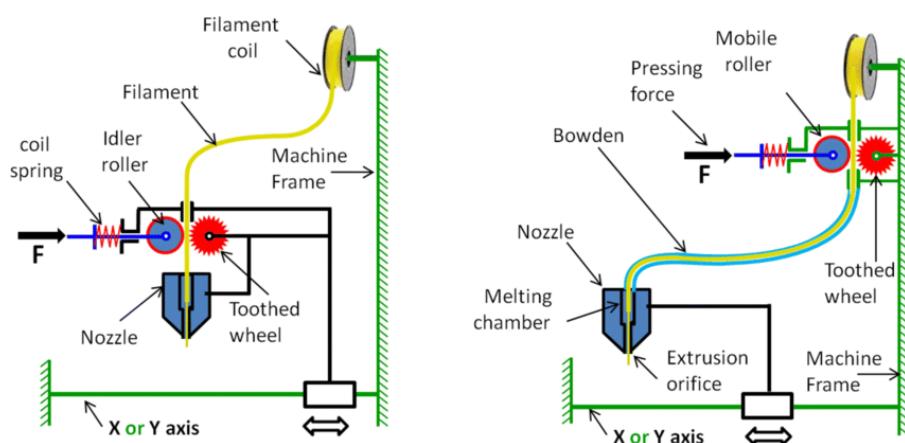
# 4

## MOGELIJKE OPLOSSINGEN

### 4.1 ANDERE EXTRUDER OF ANDERE INSTELLINGEN

Het probleem van een vastlopende extruder kwam voor met een direct drive extruder. Een oplossing die was overwogen was het overstappen naar een andere extruder architectuur.

#### 4.1.1 VERSCHILLENDE SOORTEN EXTRUDERS



Figuur 4.1: Diagram van de twee soorten extruders die veel woorden gebruikt [1].

#### BOWDEN EXTRUDER

De rechter helft van Figuur 4.1 [1] is een diagram van een Bowden extruder. Hierbij is te zien dat extruder los is van de hotend.

#### DIRECT DRIVE EXTRUDER

De linker helft van Figuur 4.1 [1] is een diagram van een direct drive extruder.

#### 4.1.2

# **5 DE GEKOZEN OPLOSSING**

om een oplossing te kiezen is een voorstel naar de opdrachtgever gestuurd, dat voorstel staat in de bijlagen ??referentie naar bijlage??

# 6

## ONTWERP VAN DE OPLOSSING EN DE BENODIGDE ONDERDELEN

### 6.1 HARDWARE

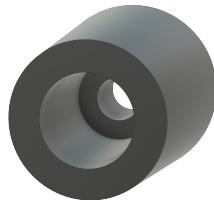
het mechanisch ontwerp van de printer was grotendeels al gedaan, echter zijn er een aantal aanpassingen gedaan, die staan hier beschreven

#### 6.1.1 GE-3D-PRINTE OPLOSSINGEN

Een aantal problemen zijn opgelost door kleine onderdelen te 3d printen. hier zijn daar een paar voorbeelden van.

##### VOETJES VAN DE PRINTER

De voetjes van de printer waren te kort, dus daar zijn langere voor ontworpen en ge-3D-print. Zie Figuur [6.1](#) voor een render van het 3D ontwerp.



Figuur 6.1: Render van het 3D ontwerp van de voetjes van de printer

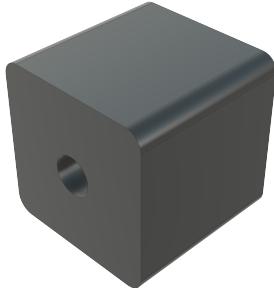
##### AFSTANDHOUDER

De originele printer is omgebouwd met roestvrijstalen panelen aan alle kanten. Om ervoor te zorgen dat er goede thermische isolatie is van de print kamer, is het een dubbelwandig ontwerp met glaswol er tussen. De dubbele wanden worden op afstand gehouden met ge-3D-prinete afstandhouders. Zie Figuur [6.2](#) voor een render van het 3D ontwerp van deze afstandhouders.

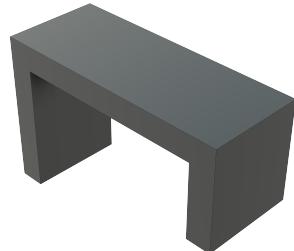
## *6 Ontwerp van de oplossing en de benodigde onderdelen*

### HAAKJE

Om de deur dicht te houden is er een haakje geprint. Zie Figuur [6.3](#) voor een render van het 3D ontwerp van het haakje.



Figuur 6.2: Render van het 3D ontwerp van de afstandhouder van de printer



Figuur 6.3: Render van het 3D ontwerp van het haakje van de printer

## 6.2 ELECTRONICA

De te gebruiken electronica was grootendeels al vastgesteld voor het project begon.

# 7

## ASSEMBLAGE

### 7.1 ASSEMBLAGE VAN DE PRINTER

Het mechanisch ontwerp van de printer was al vastgesteld, de printer hoeft dus alleen nog in elkaar worden gezet. De printer is gebaseerd op de ender 5, een robuuste printer die een goed platform biedt om een geïsoleerde behuizing omheen te bouwen. De printer is voorzien van dubbele laser gesneden wanden met glas wol daar tussen. Ondanks dat de assemblage van de behuizing niet in de scope van het project valt, was het wel nodig om verder te gaan met het project.

#### 7.1.1 MECHANICH

#### 7.1.2 ELECTRONICH

# **8** ONDERVONDEN PROBLEMEN

# 9 EINDRESULTAAT

**10**

TOETSING EINDRESULTAAT AAN DE  
HAND VAN DE EISEN

# 11 CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

# 12 EVALUATIE

## BIBLIOGRAFIE

- [1] M. Attaran, “Towards design of mechanical part and electronic control of multi-material/multicolor fused deposition modeling 3d printing,” *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 110, 2020.
- [2] ——, “The rise of 3-d printing: The advantages of additive manufacturing over traditional manufacturing,” *Business Horizons*, vol. 60, no. 5, pp. 677–688, 2017. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007681317300897>
- [3] S. Lahteine. (2021) What is Marlin? about marlin. [Online]. Available: [marlinfw.org/docs/basics/introduction.html](http://marlinfw.org/docs/basics/introduction.html)
- [4] ——. (2021) Auto build marlin. [Online]. Available: [marlinfw.org/docs/basics/auto\\_build\\_marlin.html](http://marlinfw.org/docs/basics/auto_build_marlin.html)

# **Appendices**